

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
1. Mai 2003 (01.05.2003)

PCT

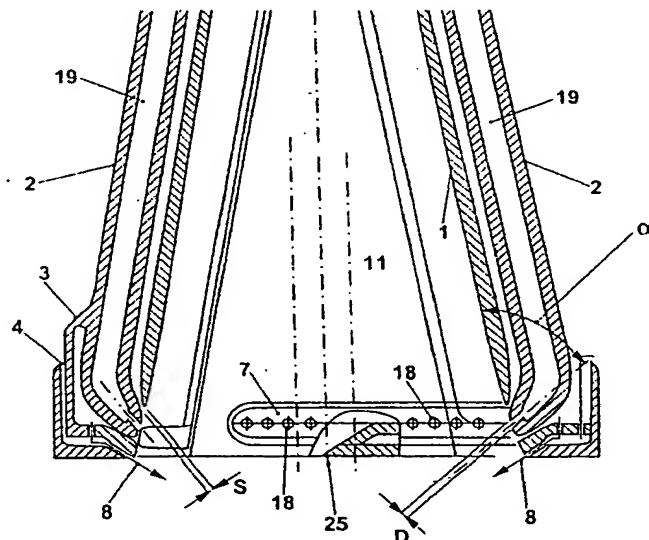
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/036167 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: F23C 7/00, 0285/02 19. Februar 2002 (19.02.2002) CH
F23D 11/40, 17/00
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/IB02/04061
- (22) Internationales Anmeldedatum:
2. Oktober 2002 (02.10.2002)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
101 52 700.4 19. Oktober 2001 (19.10.2001) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ALSTOM (SWITZERLAND) LTD [CH/CH]; Brown Boveri Strasse 7, CH-5401 Baden (CH).
- (72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): GRIFFIN, Timothy [US/CH]; Bachtalstrasse 15, CH-5408 Ennetbaden (CH). KELLER, Albert [CH/CH]; Alte Zürcherstrasse 17, CH-5432 Neuenhof (CH). KRAÜTZIG, Joachim [DE/CH]; Pflanzebachstrasse 70, CH-8967 Widen (CH). MÜCKE, Roland [DE/CH]; Joggelacker 5, CH-5210 Windisch (CH). REISS, Frank [DE/DE]; Eichendorfsstrasse 12, 79787 Lauchringen (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: BURNER FOR SYNTHESIS GAS

(54) Bezeichnung: BRENNER FÜR SYNTHESSEGAS



(57) Abstract: The invention relates to a burner which essentially consists of a swirl generator (1) for a combustion air flow, and means for introducing fuel into said combustion air flow (9). Said swirl generator (1) comprises combustion air inlets for the combustion air flow (9) entering the burner, and the means for introducing fuel into the combustion air flow (9) comprise at least one first fuel admission (19) and a group of first fuel outlets (18) which are arranged in a distributed manner on an end of the burner on the side of the combustion chamber, about the burner axis (25). Said burner is characterised in that the at least one fuel admission (19) and the group of first fuel outlets (18) are mechanically decoupled from the swirl generator (1). The inventive burner enables synthesis gas to be used in a reliable and safe manner, both in a rarefied and in a non-rarefied form.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft einen Brenner, im Wesentlichen bestehend aus einem Drallerzeuger (1) für einen Verbrennungsluftstrom und Mitteln zur Einbringung von Brennstoff in den Verbrennungsluftstrom (9), wobei der Drallerzeuger (1) Brennluft-Eintrittsöffnungen

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 03/036167 A1



(74) **Gemeinsamer Vertreter:** ALSTOM (SWITZERLAND) LTD; CHSP Intellectual Property, Brown Boveri Str. 7/699/5, CH-5401 Baden (CH).

(81) **Bestimmungsstaaten (national):** AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW),

eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

für den in den Brenner eintretenden Verbrennungsluftstrom (9) aufweist und die Mittel zur Einbringung von Brennstoff in den Verbrennungsluftstrom (9) ein oder mehrere erste Brennstoffzuführungen (19) mit einer Gruppe von ersten Brennstoff-Austrittsöffnungen (18) umfassen, die an einem brennraumseitigen Ende des Brenners um die Brennerachse (25) verteilt angeordnet ist. Der Brenner zeichnet sich dadurch aus, dass die ein oder mehreren ersten Brennstoffzuführungen (19) mit der Gruppe von ersten Brennstoff-Austrittsöffnungen (18) mechanisch von dem Drallerzeuger (1) entkoppelt sind. Mit dem vorliegenden Brenner lässt sich zuverlässig und sicher Synthesegas sowohl in verdünnter als auch in unverdünnter Form als Brennstoff einsetzen.

Brenner für Synthesegas**Technisches Anwendungsgebiet**

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Brenner zum Betrieb in einem Brennraum, vorzugsweise in Brennkammern von Gasturbinen, der im Wesentlichen aus einem Drallerzeuger für einen Verbrennungsluftstrom und Mitteln zur Einbringung von Brennstoff in den Verbrennungsluftstrom besteht, wobei der Drallerzeuger Brennlufteintrittsöffnungen für den in den Brenner eintretenden Verbrennungsluftstrom aufweist und die Mittel zur Einbringung von Brennstoff in den Verbrennungsluftstrom ein oder mehrere Brennstoffzuführungen mit einer Gruppe von ersten Brennstoffaustrittsöffnungen umfassen, die an einem brennraumseitigen Ende des Brenners um die Brennerachse verteilt angeordnet ist.

Ein bevorzugtes Einsatzgebiet für einen derartigen Brenner liegt in der Gas- und Dampfturbinentechnik.

Stand der Technik

Aus der EP 0 321 809 B1 ist ein aus mehreren Schalen bestehender kegelförmiger Brenner, ein sog. Doppelkegelbrenner, gemäß dem Oberbegriff des Anspruches 1 bekannt. Durch den kegelförmigen, aus mehreren Schalen zusammen gesetzten Drallerzeuger wird eine geschlossene Drallströmung in einem Drallraum erzeugt, welche aufgrund des in Richtung des Brennraums zunehmenden Dralls instabil wird und in eine ringförmige Drallströmung mit Rückströmung im Kern übergeht. Die Schalen des Drallerzeugers sind derart

zusammengesetzt, dass entlang der Brennerachse tangentielle Lufteintrittsschlitze für Verbrennungsluft gebildet werden. An der Einströmkante der Kegelschalen an diesen Lufteintrittsschlitzen sind Zuführungen für
5 das Vormischgas, d. h. den gasförmigen Brennstoff, vorgesehen, die entlang der Richtung der Brennerachse verteilte Austrittsöffnungen für das Vormischgas aufweisen. Das Gas wird durch die Austrittsöffnungen bzw. Bohrungen quer zum Lufteintrittsspalt eingedüst.
10 Diese Eindüsung führt in Verbindung mit dem im Drallraum erzeugten Drall der Verbrennungsluft-Brenngas-Strömung zu einer guten Durchmischung des Brenn- bzw. Vormischgases mit der Verbrennungsluft. Eine gute Durchmischung ist bei diesen Vormischbrennern
15 die Voraussetzung für niedrige NO_x -Werte beim Verbrennungsvorgang.

Zur weiteren Verbesserung eines derartigen Brenners ist aus der EP 0 780 629 A2 ein Brenner für
20 einen Wärmeerzeuger bekannt, der im Anschluss an den Drallerzeuger eine zusätzliche Mischstrecke zur weiteren Vermischung von Brennstoff und Verbrennungsluft aufweist. Diese Mischstrecke kann bspw. als nachgeschaltetes Rohrstück ausgeführt sein, in das die
25 aus dem Drallerzeuger austretende Strömung ohne nennenswerte Strömungsverluste überführt wird. Durch die zusätzliche Mischstrecke können der Vermischungsgrad weiter erhöht und damit die Schadstoffemissionen verringert werden.

30

Die WO 93/17279 zeigt einen weiteren bekannten Vormisch-Brenner, bei dem ein zylindrischer Drallerzeuger mit einem konischen Innenkörper eingesetzt

wird. Bei diesem Brenner wird das Vormischgas ebenfalls über Zuführungen mit entsprechenden Austrittsöffnungen in den Drallraum eingedüst, die entlang der axial verlaufenden Lufteintrittsschlitze angeordnet sind. Der Brenner weist im konischen Innenkörper zusätzlich eine zentrale Zuführung für Brenngas auf, das nahe dem Brenneraustritt zur Pilotierung in den Drallraum eingedüst werden kann. Die zusätzliche Pilotstufe dient dem Anfahren des Brenners sowie einer Erweiterung des Betriebsbereiches.

Aus der EP 1 070 915 A1 ist ein Vormischbrenner bekannt, bei dem die Brenngasversorgung mechanisch vom Drallerzeuger entkoppelt ist. Dadurch werden beim Einsatz nicht oder nur gering vorgewärmter Brenngase Spannungen aufgrund thermischer Dehnungen vermieden. Der Drallerzeuger ist hierbei mit einer Reihe von Öffnungen versehen, durch die von dem Drallerzeuger mechanisch entkoppelte Brennstoffleitungen für den Gas-Vormischbetrieb ins Innere des Drallerzeugers hinein ragen und dort der verdrahten Strömung der Verbrennungsluft gasförmigen Brennstoff zuführen.

Bei diesen bekannten Vormischbrennern des Standes der Technik handelt es sich um sog. drallstabilisierte Vormischbrenner, bei denen ein Brennstoffmassenstrom vorgängig der Verbrennung in einem Brennluftmassenstrom möglichst homogen verteilt wird. Die Brennluft strömt bei diesen Brenner-Bauarten über tangential Luft-einlassschlitze in den Drallerzeugern ein. Der Brennstoff, insbesondere Erdgas, wird typischerweise entlang der Lufteintrittsschlitze eingedüst.

In Gasturbinen werden neben Erdgas und flüssigem Brennstoff, meist Dieselöl bzw. Oil#2, in letzter Zeit auch synthetisch hergestellte Gase, sog. Mbtu- und Lbtu-Gase, zur Verbrennung eingesetzt. Diese Synthesegase werden durch die Vergasung von Kohle oder Ölrückständen hergestellt. Sie sind dadurch gekennzeichnet, dass sie zum größten Teil aus H_2 und CO bestehen. Hinzu kommt noch ein geringerer Anteil an Inerten, wie N_2 oder CO_2 .

10

Bei der Verbrennung von Synthesegas kann aufgrund einer hohen Rückzündgefahr die für Erdgas bei den Brennern des Standes der Technik bewährte Eindüsung nicht beibehalten werden.

15

So ergeben sich im Unterschied zum Einsatz von Erdgas folgende Besonderheiten und Anforderungen an einen Brenner, der mit Synthesegas betrieben werden soll. Synthesegas erfordert einen in Abhängigkeit von einer nach dem Stand der Technik an sich bekannten

20

Verdünnung des Synthesegases rund vierfach - im Falle von unverdünntem Synthesegas bis siebenfach oder sogar darüber - höheren Brennstoff-Volumenstrom gegenüber vergleichbaren Erdgasbrennern, so dass sich bei gleicher Gasbelochung des Brenner deutlich unterschied-

25

liche Impulsverhältnisse ergeben. Aufgrund des hohen Anteiles an Wasserstoff im Synthesegas und der damit verbundenen niedrigen Zündtemperatur und hohen Flammgeschwindigkeit des Wasserstoffes besteht eine hohe Reaktionsneigung des Brennstoffes, so dass insbesondere

30

das Rückzündverhalten und die Verweilzeit von zündfähigem Brennstoff-Luftgemisch in Brennernähe untersucht werden müssen. Weiterhin muss eine stabile und sichere Verbrennung von Synthesegasen für einen

hinreichend großen Bereich von Heizwerten gewährleistet werden, der je nach Prozessqualität der Vergasung und Ausgangsprodukt, bspw. Ölrückstände, das Synthesegas unterschiedlich zusammengesetzt ist. Um unter diesen
5 Bedingungen bei der Verbrennung dennoch eine Vor-
mischung und damit die typischen niedrigen Emissionen zu erreichen, werden diese Synthesegase vor der Verbrennung meist mit den Inerten N_2 oder Wasserdampf verdünnt. Das verbessert außerdem die Stabilität der
10 Verbrennung und verringert insbesondere das aufgrund des hohen H_2 -Anteils immanente Rückzündrisiko. Der Brenner muss somit Synthesegase verschiedener Zusammensetzung, insbesondere unterschiedlicher Verdünnung, sicher und stabil verbrennen können.

15

Weiterhin ist es von Vorteil, wenn neben dem Synthesegas vom Brenner auch ein Reservebrennstoff, ein sog. Backup-Brennstoff sicher verbrannt werden kann. Diese Forderung resultiert bei den hochkomplexen
20 integrierten Gassynthetisierungs- und Stromerzeugungs- (IGCC-, Integrated Gasification Combined Cycle-) Anlagen aus der Forderung nach hoher Verfügbarkeit. Der Brenner sollte in einem derartigen Fall sicher und zuverlässig auch im Mischbetrieb von Synthesegas und
25 Backup-Brennstoff, bspw. Dieselöl, funktionieren, wobei das für den Brennerbetrieb im Mischbetrieb eines Einzelbrenners nutzbare Brennstoff-Mischungsspektrum zu maximieren ist. Selbstverständlich sollten geringe Emissionen ($NO_x \leq 25$ vppm, $CO \leq 5$ vppm) für die
30 spezifizierten und eingesetzten Brennstoffe gewährleistet werden.

Aus der EP 0610 722 A1 ist ein Doppelkegelbrenner bekannt, bei dem eine Gruppe von Brennstoffaustrittsöffnungen für ein Synthesegas an einem brennraumseitigen Ende des Brenners um die Brennerachse verteilt am Drallerzeuger angeordnet sind. Diese Austrittsöffnungen werden über eine gesonderte Brennstoffleitung versorgt und ermöglichen den Betrieb des Brenners mit unverdünntem Synthesegas.

10 Ausgehend von diesem Stand der Technik besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, einen Brenner anzugeben, der sowohl für unverdünntes als auch für verdünntes Synthesegas eine sichere und stabile Verbrennung gewährleistet und eine hohe Lebensdauer
15 aufweist. Der Brenner soll insbesondere die vorangehend genannten Anforderungen erfüllen und in bevorzugten Weiterbildungen den Betrieb mit mehreren Brennstoffarten, auch im Mischbetrieb, ermöglichen.

20 **Darstellung der Erfindung**

Die Aufgabe wird mit dem Brenner gemäß Patentanspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Brenners sind Gegenstand der Unteransprüche.

25 Der vorliegende Brenner besteht in bekannter Weise aus einem Drallerzeuger für einen Verbrennungsluftstrom und Mitteln zur Einbringung von Brennstoff in den Verbrennungsluftstrom. Der Drallerzeuger weist Brennluft-Eintrittsöffnungen für den vorzugsweise
30 tangential in den Brenner eintretenden Verbrennungsluftstrom auf. Die Mittel zur Einbringung von Brennstoff in den Verbrennungsluftstrom umfassen ein oder mehrere erste Brennstoffzuführungen mit einer Gruppe

von ersten Brennstoffaustrittsöffnungen, die an einem brennraumseitigen Ende des Brenners, d. h. am Brenneraustritt, um die Brennerachse verteilt angeordnet ist. Der vorliegende Brenner zeichnet sich dadurch aus, dass
5 die ein oder mehreren ersten Brennstoffzuführungen mit der Gruppe von ersten Brennstoff-Austrittsöffnungen mechanisch von dem Drallerzeuger entkoppelt sind.

Die Geometrie des Drallerzeugers wie auch eines
10 gegebenenfalls vorhandenen Drallraums können beim vorliegenden Brenner in verschiedener Weise gewählt werden und insbesondere die aus dem Stand der Technik bekannten Geometrien aufweisen. Durch die Verteilung der ersten Brennstoffaustrittsöffnungen ausschließlich
15 am brennraumseitigen Ende des Brenners bzw. Drallraums um die Brennerachse wird ein Rückzünden des Synthesegases zuverlässig verhindert. Eine Vermischung mit der aus dem Brenner austretenden Verbrennungsluft ist dennoch gewährleistet. Synthesegas mit hohem Wasser-
20 stoffanteil (45 Vol%) kann unverdünnt verbrannt werden ($H_u = 14000 \text{ kJ/kg}$). Der Brenner ermöglicht somit eine sichere und stabile Verbrennung sowohl von unverdünntem als auch von verdünntem Synthesegas. Das garantiert eine hohe Flexibilität beim Einsatz einer mit
25 erfindungsgemäßen Brennern ausgestatteten Gasturbine in einem IGCC-Prozess. Durch eine entsprechend im Querschnitt angepasste Ausgestaltung der ersten Brennstoffzuführung können hohe Volumenströme, bis zu einem Faktor 7 im Vergleich zur Zuführung von Erdgas
30 bei bekannten Brennern des Standes der Technik, sicher zur Eindüsenstelle am Brenneraustritt geleitet werden.

Bei dem vorliegenden Brenner sind die ein oder mehreren ersten Brennstoffzuführungen mit den zugehörigen ersten Brennstoffaustrittsöffnungen mechanisch und thermisch vom Drallerzeuger bzw. den den Drallerzeuger bildenden und im Betrieb deutlich wärmeren Brennerschalen entkoppelt. Dadurch werden die thermischen Spannungen zwischen den vergleichsweise kalten ersten Brennstoffzuführungen, im Folgenden auch als Gaskanäle bezeichnet, und den wärmeren Brennerschalen vermieden oder zumindest deutlich reduziert. So wird in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, wie sie in den Ausführungsbeispielen näher erläutert ist, der Eindüsbereich für das Synthesegas in den Brennerschalen völlig ausgeschnitten. Der erste Gaskanal wird direkt in diesen Ausschnitt der Brennerschalen verankert. Damit sind Gaskanal und Brennerschalen thermisch und mechanisch voneinander entkoppelt und das Designproblem an den Verbindungsstellen von kaltem Gaskanal und warmer Brennerschale ist gelöst. Frühere Konstruktionen wie die der EP 0610 722 A1 zeigten besonders bei der Verbindung von relativ kaltem Gaskanal zu heißer Brennerschale Probleme, bspw. Risse in Folge der hohen Spannungskonzentration an diesen Verbindungsstellen. Mit der entkoppelten Lösung und dem vorgestellten Design wird die erforderliche Lebensdauer des Brenners erreicht.

Die Entkopplung einzelner Brennstoffflanzen von den Brennerschalen ist bereits aus der EP 1 070 915 bekannt. Beim vorliegenden Brenner wird diese mechanische Entkopplung jedoch erstmals mit integralen Gaskanälen mit umfangshomogener Gaseinbringung realisiert. Gegenüber der aus der EP 1 070 950 bekannten Gaseindüsung

besticht die erfindungsgemäße umfangshomogene Gas-eindüsung durch eine wesentlich gleichmäßigere Verteilung des Brennstoffs in der Brennluft, und damit, insbesondere bei der Verwendung von Lbtu- und Mbtu-Brennstoffen, durch ein überlegenes Emissionsverhalten bei gleichzeitig guter Flammenstabilität. Eine aufwendige spezielle Wärmeisolierung des Gaskanals gegenüber der heißen Brennerschale - wie bspw. durch die bekannten Gaskanalinserts - ist nicht notwendig.

10

Vorzugsweise weist der Brenner neben der bzw. den ersten Brennstoffzuführungen auch ein oder mehrere zweite Brennstoffzuführungen mit einer Gruppe von im Wesentlichen entlang der Richtung der Brennerachse angeordneten zweiten Brennstoffaustrittsöffnungen am Drallkörper auf. Alternativ oder in Kombination kann auch eine auf der Brennerachse angeordnete Brennstofflanze für die Eindüsung von Flüssigbrennstoff vorgesehen sein, die in axialer Richtung in den Drallraum ragt. Die Anordnung und Ausgestaltung dieser zusätzlichen Brennstoffzuführungen kann bspw. auf der bekannten Vormischbrennertechnologie gemäß der EP 321 809 oder auch anderen Bauarten, wie bspw. gemäß der EP 780 629 oder der WO 93/17279, beruhen. Derartige Brennergeometrien können mit den erfindungsgemäßen Merkmalen für die Verbrennung von Synthesegasen, insbesondere für die Verbrennung Mbtu- und Lbtu-Brennstoffen, ausgebildet werden.

30

Durch die bevorzugte Ausführung des vorliegenden Brenners mit ein oder mehreren weiteren Brennstoffzuführungen wird ein multifunktionseller Brenner erhalten, der unterschiedlichste Brennstoffe sicher und

stabil verbrennt. Der Brenner gewährleistet insbesondere die stabile und sichere Verbrennung von Mbtu-Synthesegasen mit Heizwerten (unterer Heizwert Hu oder Lower Heating Value LHV) von 3500 - 18000 kJ/kg, insbesondere 6000 bis 15000 kJ/kg, bevorzugt von 6500 bis 14500 kJ/kg oder von 7000 bis 14000 kg/kJ. Neben der sicheren und stabilen Verbrennung von unverdünntem und verdünntem Synthesegas kann auch Flüssigbrennstoff, bspw. Dieselöl, als Reservebrennstoff eingesetzt werden. Die eingesetzten Brennstoffe können sich hierbei im Heizwert deutlich unterscheiden, so bspw. bei Dieselöl mit einem Heizwert Hu = 42000 kJ/kg und Synthesegas mit einem Heizwert von 3500 - 18000 kJ/kg, insbesondere 6000 bis 15000 kJ/kg, bevorzugt von 6500 bis 14500 kJ/kg oder von 7000 bis 14000 kg/kJ.

Auch die Verwendung von Erdgas als zusätzlichem Brennstoff ist möglich. Die Eindüsung von Erdgas kann dabei wahlweise im Brennerkopf durch die Brennerlanze und/oder über die zweiten Brennstoffzuführungen erfolgen, die üblicherweise durch die an den Lufteintrittsschlitzten am Drallerzeuger bzw. Drallkörper längs angebrachten Gaskanäle gebildet werden, die dem Fachmann bspw. aus der EP 321 809 geläufig sind. Auf diese Weise kann der Brenner mit drei unterschiedlichen Brennstoffen betrieben werden.

Die Eindüsung des Synthesegases, d. h. des Lbtu/Mbtu-Brennstoffes erfolgt über die ersten Austrittsöffnungen radial am Brenneraustritt. Diese Austrittsöffnungen sind kleine Austrittskanäle, deren Kanalachse den axialen Eindüsungswinkel α bestimmt. Durchmesser D und Eindüsungswinkel α dieser Austrittsöffnungen bzw. -kanäle sind spezielle Parameter, die je nach Rand-

bedingungen, bspw. die spezielle Gaszusammensetzung, die Emissionen, usw., durch den Fachmann zweckmäßig gewählt werden können. Der Eindüsungswinkel kann dabei so gewählt werden, dass sich die Kanalachsen aller Austrittsöffnungen in einem Punkt auf der Brennerachse stromab des Brenners bzw. Drallraums schneiden. Um eine optimale Anpassung des verwendeten Synthesegases an die gewünschten Emissionen zu erreichen, können die Eindüsungswinkel auch so gewählt werden, dass sich die Kanalachsen von Untergruppen der Austrittsöffnungen an unterschiedlichen Punkten schneiden. Auf diese Weise kann eine beliebige Verteilung des eingedüsten Brennstoffes am Brenneraustritt erreicht werden. Dabei kann auch ein Eindüsungswinkel gegenüber dem Brennerradius variiert werden.

Die Brennstoffzuführungen für die Verbrennung des Synthesegases sind auf den bis zu 7-fach größeren Brennstoff-Volumenstrom im Design angepasst und stellen insbesondere die notwendigen Durchströmungsquerschnitte zur Verfügung. Hierbei weisen sie im Vergleich zu den Zuführungen für Erdgas einen mehrfachen Querschnitt auf.

Beim Einsatz von Öl als Brennstoff wird das aus dem Stand der Technik bekannte Design mit der Eindüsung des Öls bzw. der Öl-Wasseremulsion über die Brennerlanze beibehalten. Durch verschiedene Randbedingungen, wie Einbindung der Gasturbine in den IGCC-Prozess oder fixierte Brennergruppierungen, die beibehalten werden sollen, müssen Gasturbinen, die Synthesegas verbrennen, den Mischbetrieb von Zündbrennstoff und Synthesegas gewährleisten. Der hier beschriebene Brenner funktio-

niert auch im Mischbetrieb von Dieselöl und Synthesegas in verschiedenen Mischungsverhältnissen stabil und sicher. Er kann über längere Zeiträume sicher im Mischbetrieb betrieben werden. Damit erreicht die Gasturbine weitere Flexibilität und kann im Betrieb von einem Brennstoff zum anderen wechseln. Der mögliche Mischbetrieb stellt einen wesentlichen betriebs-technischen Vorteil dar.

10 Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Figuren nochmals kurz erläutert. Hierbei zeigen:

15

Fig. 1 in stark schematisierter Darstellung einen Vormischbrenner, wie er aus dem Stand der Technik bekannt ist;

20 Fig. 2 eine Schnittansicht des brennraumseitigen Bereiches eines Brenners gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

25 Fig. 3 eine dreidimensionale Schnittansicht eines Brenners, der gemäß dem Ausführungsbeispiel der Figur 2 ausgestaltet ist;

Fig. 4 ein Beispiel für die Montage eines Brenners gemäß den Figuren 2 und 3;

30 Fig. 5 in Draufsicht stark schematisiert mehrere unterschiedliche Eindüsen-

geometrien für Synthesegas beim
erfindungsgemäßen Brenner;

Fig. 6 ein Beispiel für eine Ausgestaltung des
Brenners mit konischem Innenkörper; und

5 Fig. 7 ein Beispiel für eine weitere mögliche
Ausgestaltung des Brenners.

Wege zur Ausführung der Erfindung

Figur 1 zeigt stark schematisiert einen Vormisch-
10 brenner, wie er bspw. aus der EP 321 809 A1 bekannt
ist. Der Brenner setzt sich aus einem Brennerkopf 10
und einem sich daran anschließenden Drallerzeuger 1
zusammen, der einen Drallraum 11 bildet. Der kegel-
förmige Drallerzeuger 1 besteht bei einem derartigen
15 Brenner aus mehreren Brennerschalen, zwischen denen
tangentiale Eintrittsschlitz für Verbrennungsluft 9
gebildet sind. Die eintretende Verbrennungsluft 9 ist
in der Figur durch die langen Pfeile angedeutet.
Weiterhin können entlang der tangentialen
20 Eintrittsschlitz Gaszuführungen 24 für die Zufuhr
eines Brennstoffes, insbesondere Erdgas 26, über die
tangentialen Lufteintrittsschlitz in den Drallraum 11
vorgesehen sein. Dies ist in der Figur mit den kurzen
Pfeilen angedeutet. Vom Brennerkopf 10 erstreckt sich
25 eine Brennerlanze 14 bis in den Drallraum 11 hinein, an
deren Ende eine Düse 16 zum Eindüsen von Flüssig-
brennstoff 13, z. B. Öl und/oder Wasser 12 vorgesehen
ist. Über die Brennerlanze 14 wird insbesondere die
Zündung des Brenners vorgenommen. Die über die
30 tangentialen Lufteintrittsschlitz am Drallerzeuger 1
eintretende Verbrennungsluft 9 vermischt sich im
Drallraum 11 mit dem eingedüsten Brennstoff. Die

hierbei erzeugte geschlossene Drallströmung wird aufgrund des zunehmenden Dralls am Ende des Drallraums 11 aufgrund der sprunghaften Querschnittserweiterung beim Übergang in den Brennraum instabil und geht in
5 eine ringförmige Drallströmung mit Rückströmung im Kern über. Dieser Bereich bildet den Beginn der Reaktionszone 17 im Brennraum.

Ein Betrieb eines derartigen Brenners mit Synthesegas ist aufgrund der hohen Rückzündgefahr
10 dieses Brennstoffes jedoch nicht möglich.

Figur 2 zeigt in einem ersten Ausführungsbeispiel in Schnittansicht den brennraumseitigen Bereich eines erfindungsgemäßen Brenners zum Betrieb mit Synthesegas.
15 Die Eindüsung des Lbtu/Mbtu-Brennstoffes erfolgt durch eine hinsichtlich Durchmesser D und Eindüsungswinkel α zweckmäßig zu wählende Gasbelochung 18 radial am Brenneraustritt, d. h. am Ende des Drallraums 11. Durch diese radiale Eindüsung am Brenneraustritt wird die
20 Verbrennung des wasserstoffreichen Synthesegases auch unverdünnt möglich. Durchmesser D und Eindüsungswinkel α der radialen Gaseindüsung sind spezielle Parameter, die je nach Randbedingungen (spezielle Gaszusammensetzung, Emissionen, ...) durch den Fachmann zweckmäßig
25 gewählt werden.

Die Figur zeigt hierbei die Brennerschalen des Drallkörpers 1, die den Drallraum 11 umschließen. Außerhalb dieses Drallkörpers ist ein Gaszuführelement
30 2 angeordnet, das den Drallkörper 1 radial umschließt und den oder die ersten Brennstoffzufuhrkanäle 19 für die Zufuhr des Synthesegases bildet. Am brennraumseitigen Ende dieses Gaszuführelements 2 sind erste:

Austrittsöffnungen 18 für das Synthesegas ausgebildet. Diese Austrittsöffnungen 18 bilden Austrittskanäle, die die Eindüsungsrichtung des Synthesegases vorgeben. Der Eindüsungswinkel α sowie der Durchmesser D dieser

5 Kanäle bzw. Öffnungen 18 werden je nach Anforderungen geeignet vom Fachmann gewählt. Im vorliegenden Beispiel sind die Austrittsöffnungen 18 in einer Reihe um die Brennerachse 25 angeordnet, so dass eine umfangs-

homogene Eindüsung des Synthesegases erreicht wird.

10

Die vergleichsweise kalten Brennstoffzufuhrkanäle 19 zur Eindüsung des Synthesegases und die im Prinzip deutlich wärmeren Brennerschalen des Drallerzeugers 1 sind thermisch und mechanisch voneinander entkoppelt.

15

Dadurch werden die thermischen Spannungen deutlich reduziert. Die Verbindung zwischen dem Gaszuführelement 2 und dem Drallerzeuger 1 erfolgt in diesem Beispiel über an beiden Bauteilen vorgesehene Laschen 3 bzw. 4, die miteinander verbunden werden. Auf diese Weise

20

werden minimale thermische Spannungen erreicht. Eine in der Figur weiterhin dargestellte Luftströmung 8 stabilisiert die Flammen tendenziell und erzeugt vor dem Austritt einen Drallkühleffekt an der Brennerfront.

25

In der Figur ist weiterhin die Öffnung bzw. der umlaufende Spalt 7 des Drallerzeugers 1 zu erkennen, der notwendig ist, um eine Verbindung zwischen den Austrittsöffnungen 18 des Gaszuführelements 2 und dem Drallraum 11 zu ermöglichen.

30

Figur 3 zeigt einen gemäß Figur 2 ausgebildeten Brenner nochmals in dreidimensionaler Schnittansicht. Auch in dieser Darstellung ist wiederum der aus mehreren Brennerschalen gebildete Drallerzeuger 1 sowie

das diesen umschließende Gaszuführelement 2 zu erkennen. Dieses Gaszuführelement 2 kann einen ringförmigen Zuführungsschlitz als Brennstoffzufuhrkanal 19 bilden oder auch in getrennte Brennstoffzufuhrkanäle 19 unterteilt sein. Selbstverständlich ist es auch
5 möglich, einzelne Rohrleitungen als Brennstoffzufuhrkanäle 19 bis zu den Austrittsöffnungen 18 zu führen.

Die Brennstoffzufuhrkanäle 19 für das Synthesegas sind für die Verbrennung des Synthesegases auf den bis
10 zu 7-fach größeren Brennstoffvolumenstrom im Design angepasst, und stellen insbesondere die notwendigen großen Durchströmungsquerschnitte zur Verfügung, wie aus Figur 3 zu erkennen ist.

15 Beim vorliegenden Beispiel ist der Eindüsbereich für den Brennstoff, d. h. das Synthesegas, in den Brennerschalen völlig ausgeschnitten. Dabei wird das Gaszuführelement 2 direkt in diesen Ausschnitt der Brennerschalen des Drallerzeugers 1 verankert. Damit
20 ist das Spannungsproblem an den Verbindungsstellen von kaltem Gaszuführelement 2 und warmer Brennerschale gelöst. Mit der in diesem Beispiel dargestellten entkoppelten Lösung wird die erforderliche Lebensdauer des Brenners erreicht.

25 Die Eindüsung des Synthesegases ist in der Figur mit dem Bezugszeichen 20 angedeutet. Selbstverständlich können bei einem derartigen Brenner auch zusätzliche Gaseindüsungskanäle 24 entlang des Drallerzeugers 1
30 vorgesehen sein, in gleicher Weise wie dies beispielsweise in Figur 1 erkennbar ist, mit denen bspw. Erdgas 26 stromauf der Eindüsstelle des Synthesegases in den Drallraum 11 eingeleitet werden kann. Die Eindüsung

von Öl oder einer Öl-Wasser-Emulsion ist am brennkopfseitigen Ende des Drallraums 11 schematisch angedeutet, ebenso wie die Einströmung von Brennluft 9 über die tangentialen Eintrittsschlitze.

5

Figur 4 zeigt beispielhaft die Montage eines Brenners gemäß der Figuren 2 und 3 aus den beiden Teilkomponenten, dem Gaszuführelement 2 und dem Drallerzeuger 1.

10 Das Gaszuführelement 2 mit den integrierten ein oder mehreren Brennstoffzufuhrkanälen 19 für Synthesegas und den brennraumseitig um die Brennerachse, 25 verteilt angeordneten Austrittsöffnungen 18 wird zusammen mit dem Drallerzeuger 1 vorzugsweise als ein
15 Gussteil hergestellt und anschließend getrennt. Die Montage erfolgt, indem der Drallerzeuger 1 axial in das Gaszuführelement 2 eingeführt wird, so dass die Austrittsöffnungen 18 des Gaszuführelementes 2 in
20 entsprechenden Öffnungen 7 des Drallerzeugers 1 zu liegen kommen. Im Brennerkopfbereich wird ein Element 6 des Drallerzeugers 1 im Schiebesitz in einem Gegenstück 5 des Gaszuführelementes 2 gehalten, so dass thermische Differenzdehnungen zwischen Drallerzeuger 1 im Gaszuführelement 2 im Bereich des Brennerkopfes frei
25 kompensierbar sind. Im Bereich der Brennerfront werden die Verbindungsflaschen 3 des Gaszuführelementes 2 und die Verbindungsflaschen 4 des Drallerzeugers 1 auf geeignete Weise miteinander verbunden, bspw. verschweißt, und bilden die einzige feste Lagerung vom
30 Drallerzeuger 1 im Gaszuführelement 2. Der Austrittsöffnungsbereich des Gaszuführelementes 2 ist frei in den Öffnungen 7 des Drallerzeugers 1 beweglich. Die Herstellung beider Elemente aus einem Guss ermöglicht

geringe Fertigungstoleranzen, so dass ein in Figur 2 dargestelltes umlaufendes Spaltmaß s zwischen Drallerzeuger 1 und Gaszuführelement 2 minimiert werden kann. Eine entsprechend hohe Passgenauigkeit mit einem
5 kleinen Spaltmaß s im Bereich der Gasaustrittsöffnungen 18 respektive der Öffnungen 7 des Drallerzeugers 1 minimiert eine durch diesen Spalt austretende unverdrallte Brennluft, welche potentiell negative Auswirkungen auf die Verbrennungsstabilität haben
10 könnte.

Figur 5 zeigt verschiedene Beispiele für unterschiedlich gewählte Eindüsungsrichtungen der ersten Austrittsöffnungen 18 am Ende des Drallraums 11
15 für das Synthesegas. Figur 5a zeigt hierbei in stark vereinfachter Darstellung eine Draufsicht auf den Brenneraustritt sowie die Eindüsungsachsen der Synthesegaseindüsung 20 der einzelnen Austrittsöffnungen 18, die sich in einem Schnittpunkt 21 auf der
20 Brennerachse schneiden.

Figur 5b zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel in gleicher Ansicht, bei der sich die Austrittsachsen der Synthesegaseindüsung 20 unterschiedlicher Gruppen von
25 Austrittsöffnungen 18 in unterschiedlichen Schnittpunkten 21 schneiden, die über den Austrittsquerschnitt des Brenners verteilt sind. Es versteht sich von selbst, dass die Verteilung dieser Schnittpunkte 21 beliebig gewählt werden kann, um die Eindüsung den
30 jeweiligen Bedingungen anzupassen. Dies betrifft einerseits die Position der Schnittpunkte 21 und andererseits selbstverständlich auch deren Anzahl.

In gleicher Weise ist es möglich, die Schnittpunkte 21 in unterschiedlichem Abstand zur Austrittsebene des Brenners zu wählen, oder auch in gleichem Abstand, wie dies in den Figuren 5c und 5d schematisch dargestellt ist.

Figur 6 zeigt ein Beispiel eines Drallerzeugers 1 mit einem rein zylindrischen Drallkörper 23 in den ein konischer Innenkörper 22 eingesetzt ist. Die Zufuhr des Pilotbrennstoffes kann hierbei direkt bis an die Spitze des konischen Innenkörpers 22 erfolgen. Auch hier sind am brennraumseitigen Ende des Drallraums 11 die Austrittsöffnungen 18 für das Synthesegas um die Brennerachse 25 verteilt angeordnet. Die Brennstoffzufuhrkanäle 19 sind in dieser Darstellung nicht eingezeichnet. Auch hier können zusätzlich an den nicht dargestellten tangentialen Lufteintrittsschlitzten weitere Gasaustrittsöffnungen für Erdgas einschließlich der dafür erforderlichen Zuleitungen 24 vorgesehen sein. Weiterhin kann sich bei dieser wie auch bei den vorangehend beschriebenen Ausführungsbeispielen an den Drallerzeuger 1 ein Mischrohr zur Erzeugung einer zusätzlichen Mischstrecke anschließen, wie dies aus dem Stand der Technik bekannt ist.

25

Figur 7 zeigt schließlich noch ein Beispiel eines Brenners, bei dem der Drallerzeuger 1 als Drallgitter ausgebildet ist, über das eintretende Brennluft 9 in Drall versetzt wird. Über die zu Austrittsöffnungen im Bereich des Drallerzeugers 1 führenden Zuleitungen 24 kann ein zusätzlicher Brennstoff zur Premix-Beladung in die Brennluft 9 eingebracht werden. Die Zufuhr des Pilotbrennstoffes 15 wird über eine zentral in das

Innenvolumen 11 ragende Düse 16 realisiert. Auch bei diesem Brenner sind am brennraumseitigen Ende des Innenvolumens 11 die Austrittsöffnungen 18 für das Synthesegas um die Brennerachse 25 verteilt angeordnet und werden über die Brennstoffzufuhrkanäle 19 mit Synthesegas beaufschlagt.

Wenngleich die Erfindung in erster Linie an einem Doppelkegelbrenner der aus der EP 321 809 bekannten Bauart dargestellt wurde, erkennt der Fachmann ohne weiteres die Anwendbarkeit der Erfindung auch an anderen Brennerbauarten und Drallerzeugergeometrien, beispielsweise wie sie aus der EP 780 629 oder der WO 93/17279 bekannt sind. Auch Abwandlungen dieser Brennergeometrien sind selbstverständlich möglich, solange der Zweck des Drallerzeugers, eine verdrallte Brennluftströmung zu erzeugen, noch gewährleistet ist.

20

Bezugszeichenliste

- | | |
|----|---|
| 1 | Drallerzeuger |
| 2 | Gaszuführelement |
| 25 | 3 Verbindungsflaschen |
| | 4 Verbindungsflaschen |
| | 5 Gegenstück am Brennerkopf |
| | 6 Element des Drallerzeugers am Brennerkopf |
| | 7 Öffnungen des Drallerzeugers |
| 30 | 8 Luftströmung |
| | 9 Brennluft |
| | 10 Brennerkopf |
| | 11 Drallraum bzw. Innenvolumen |

- 12 Wasser
- 13 Flüssigbrennstoff (Öl)
- 14 Brennerlanze
- 15 Flüssigbrennstoff, -emulsion
- 5 16 Düse
- 17 Reaktionszone bzw. Brennraum
- 18 erste Austrittsöffnungen
- 19 erste Brennstoffzufuhrkanäle
- 20 Synthesegaseindüsung/Austrittskanalachsen
- 10 21 Schnittpunkte der Eindüsung
- 22 konischer Innenkörper
- 23 zylindrischer Außenkörper
- 24 zweite Brennstoffzuführung für Brenngas (Erdgas)
- 25 Brennerachse
- 15 26 Erdgas

Patentansprüche

1. Brenner, im Wesentlichen bestehend aus einem Drallerzeuger (1) für einen Verbrennungsluftstrom und Mitteln zur Einbringung von Brennstoff in den
5 Verbrennungsluftstrom, wobei der Drallerzeuger (1) ein oder mehrere Brennluft-Eintrittsöffnungen für den in den Brenner eintretenden Verbrennungsluftstrom aufweist und die Mittel zur Einbringung von Brennstoff in den Verbrennungsluftstrom ein
10 oder mehrere erste Brennstoffzuführungen (19) mit einer Gruppe von ersten Brennstoff-Austrittsöffnungen (18) umfassen, die an einem brennraumseitigen Ende des Brenners um die Brennerachse (25) verteilt angeordnet ist,
15 dadurch gekennzeichnet, dass die ein oder mehreren ersten Brennstoffzuführungen (19) mit der Gruppe von ersten Brennstoff-Austrittsöffnungen (18) mechanisch von dem Drallerzeuger (1) entkoppelt
20 sind.
2. Brenner nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Gruppe von ersten Brennstoff-Austrittsöffnungen (18) in einer Reihe um die Brennerachse
25 (25) verteilt angeordnet ist.
3. Brenner nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass durch die ersten Austrittsöffnungen (18) gebildete Austrittskanäle
30 unter einem derartigen Winkel angeordnet sind,

dass sich die Kanalachsen in einem Punkt (21) stromab des Brenners auf der Brennerachse (25) schneiden.

- 5 4. Brenner nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass durch die ersten Austrittsöffnungen (18) gebildete Austrittskanäle unter derartigen Winkeln zur Brennerachse (25) angeordnet sind, dass sich die Kanalachsen von unterschiedlichen Untergruppen der ersten Austrittsöffnungen (18) in verschiedenen Punkten (21) stromab des Brenners schneiden.
- 10
- 15 5. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Drallerzeuger (1) und die eine oder mehreren ersten Brennstoffzuführungen (19) mit der Gruppe von ersten Brennstoff-Austrittsöffnungen (18) einstückig als ein Bauteil hergestellt, vorzugsweise gegossen, und nachgängig der Herstellung getrennt sind.
- 20
- 25 6. Brenner nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die ein oder mehreren ersten Brennstoffzuführungen (19) mit der Gruppe von ersten Brennstoff-Austrittsöffnungen (18) ein erstes Bauteil (2) bilden, das über den Drallerzeuger (1) geschoben ist, wobei der Drallerzeuger (1) am brennraumseitigen Ende Öffnungen (7) für den Zugang der ersten Austrittsöffnungen (18) zu einem Innenvolumen (11) des Brenners aufweist.
- 30

7. Brenner nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Bauteil (2) über Verbindungsflaschen (3, 4) mit dem Drallerzeuger (1) verbunden ist.
- 5 8. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Brennstoffzuführung (19) als Ringschlitz um den Drallerzeuger (1) ausgebildet ist.
- 10 9. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass auf der Brennerachse (25) eine Brennstoffflanze (14) angeordnet ist, die in den Brenner ragt.
- 15 10. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass ein oder mehrere zweite Brennstoffzuführungen (24) mit einer Gruppe von im Wesentlichen entlang einer Richtung der Brennerachse (25) angeordneten zweiten Brennstoff-
- 20 Austrittsöffnungen am Drallerzeuger (1) vorgesehen sind.
11. Brenner nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die eine oder mehreren ersten Brennstoff-
- 25 zuführungen (19) mit einem Querschnitt ausgestaltet sind, der einen mehrfach höheren Volumenstrom als die ein oder mehreren zweiten Brennstoffzuführungen (24) ermöglicht.
- 30 12. Brenner nach einem der Ansprüche 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass in einem Innenvolumen (11) des Brenners ein Innenkörper (22) angeordnet ist, wobei die zweiten Brennstoff-Austritts-

Öffnungen wenigstens einer zweiten Brennstoffzuführung (24) im Wesentlichen entlang einer Richtung der Brennerachse (25) verteilt auf dem Innenkörper (22) angeordnet sind.

5

13. Brenner nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel zur unabhängigen Steuerung der Vormischbrennstoffzufuhr zu der bzw. den ersten (19) und zu der bzw. den zweiten Brennstoffzuführungen (24) vorgesehen sind.

10

14. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Drallerzeuger (1) als Drallgitter ausgebildet ist.

15

15. Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennluft-Eintrittsöffnungen (4) im Wesentlichen in Richtung der Brennerachse (3) verlaufende tangentiale Eintrittsschlitze sind.

20

16. Brenner nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass entlang jedem Eintrittsschlitz eine zweite Brennstoffzuführung (24) mit einer Gruppe von zweiten Brennstoff-Austrittsöffnungen angeordnet ist.

25

17. Verfahren zum Betrieb eines Brenners nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass über die erste(n) Brennstoffzuführung(en) (19) Synthesegas und über die zweite(n) Brennstoffzuführung(en) (24) Erdgas

30

(26) zugeführt wird.

18. Verfahren zum Betrieb eines Brenners nach Anspruch
9, dadurch gekennzeichnet, dass über die erste(n)
5 Brennstoffzuführung(en) (19) Synthesegas und über
die Brennstofflanze (14) ein Flüssigbrennstoff,
gegebenenfalls als Brennstoff-Wasser-Emulsion (15)
zugeführt wird.

10

1 / 6

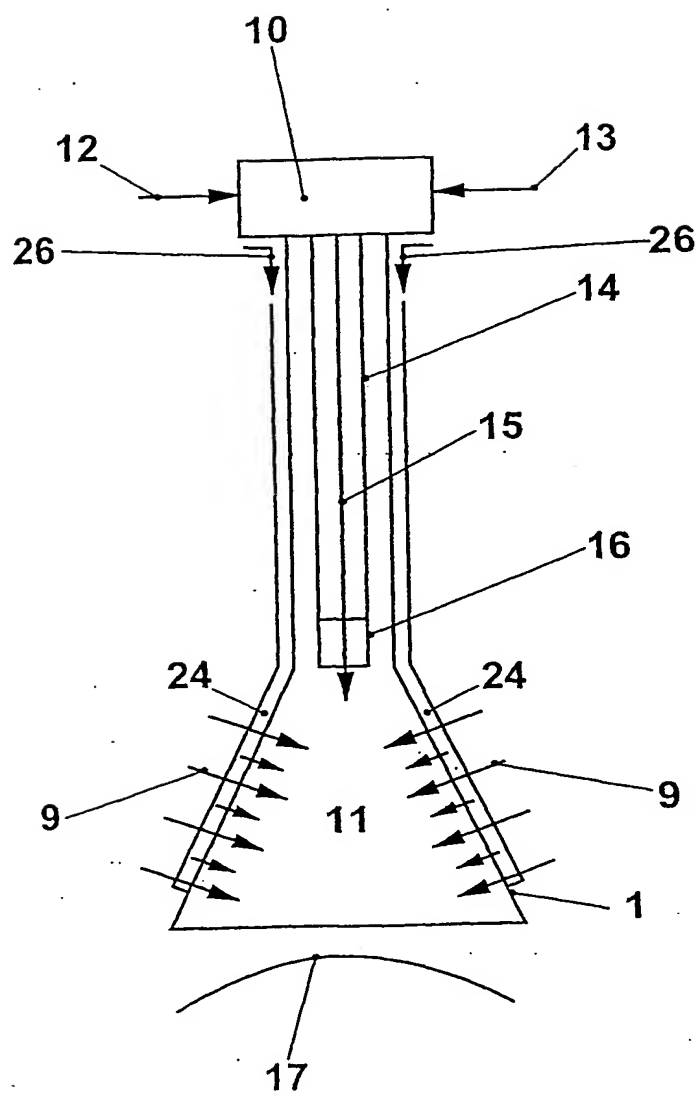


FIG. 1

THIS PAGE BLANK (USPTO)

2 / 6

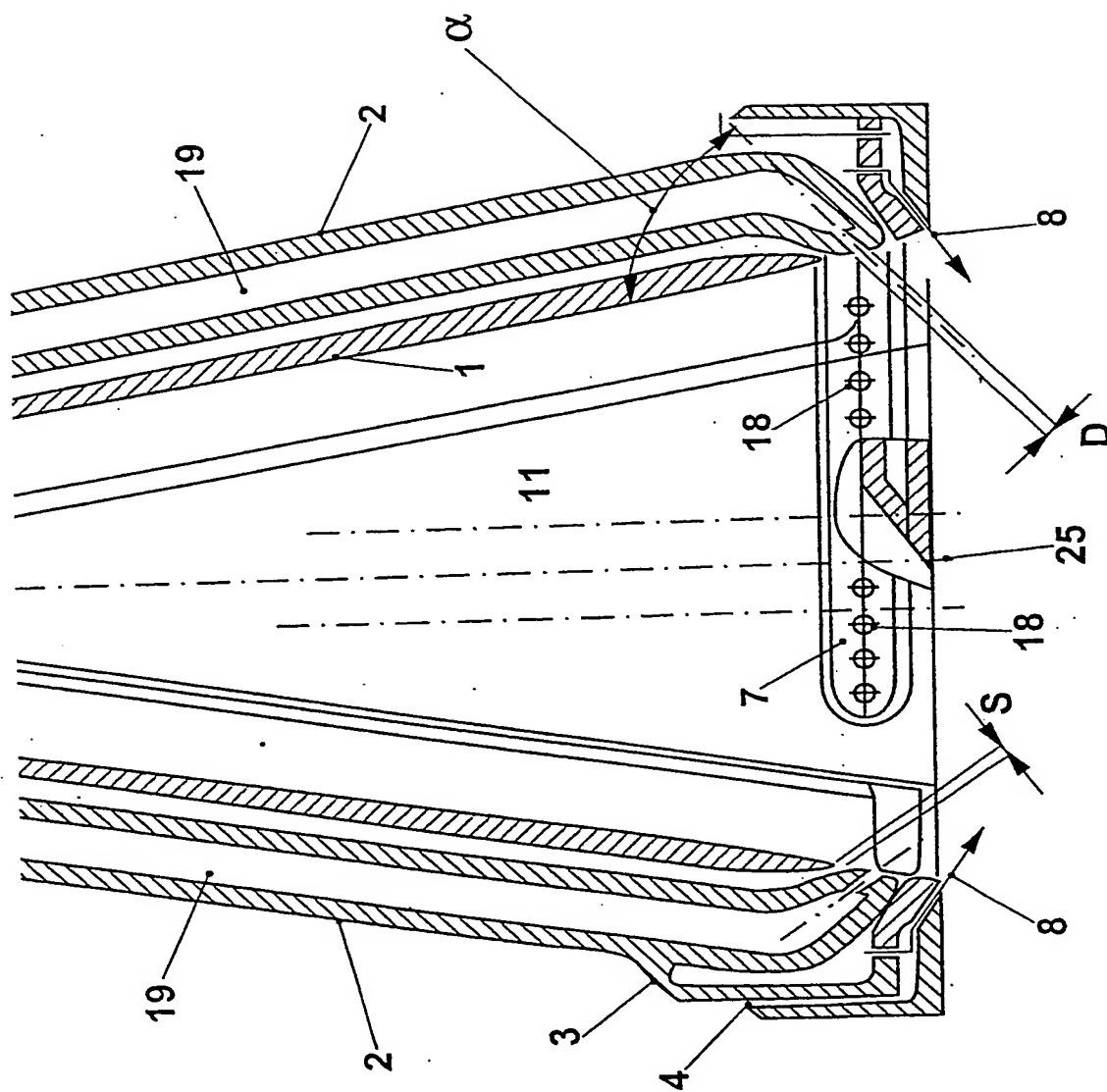
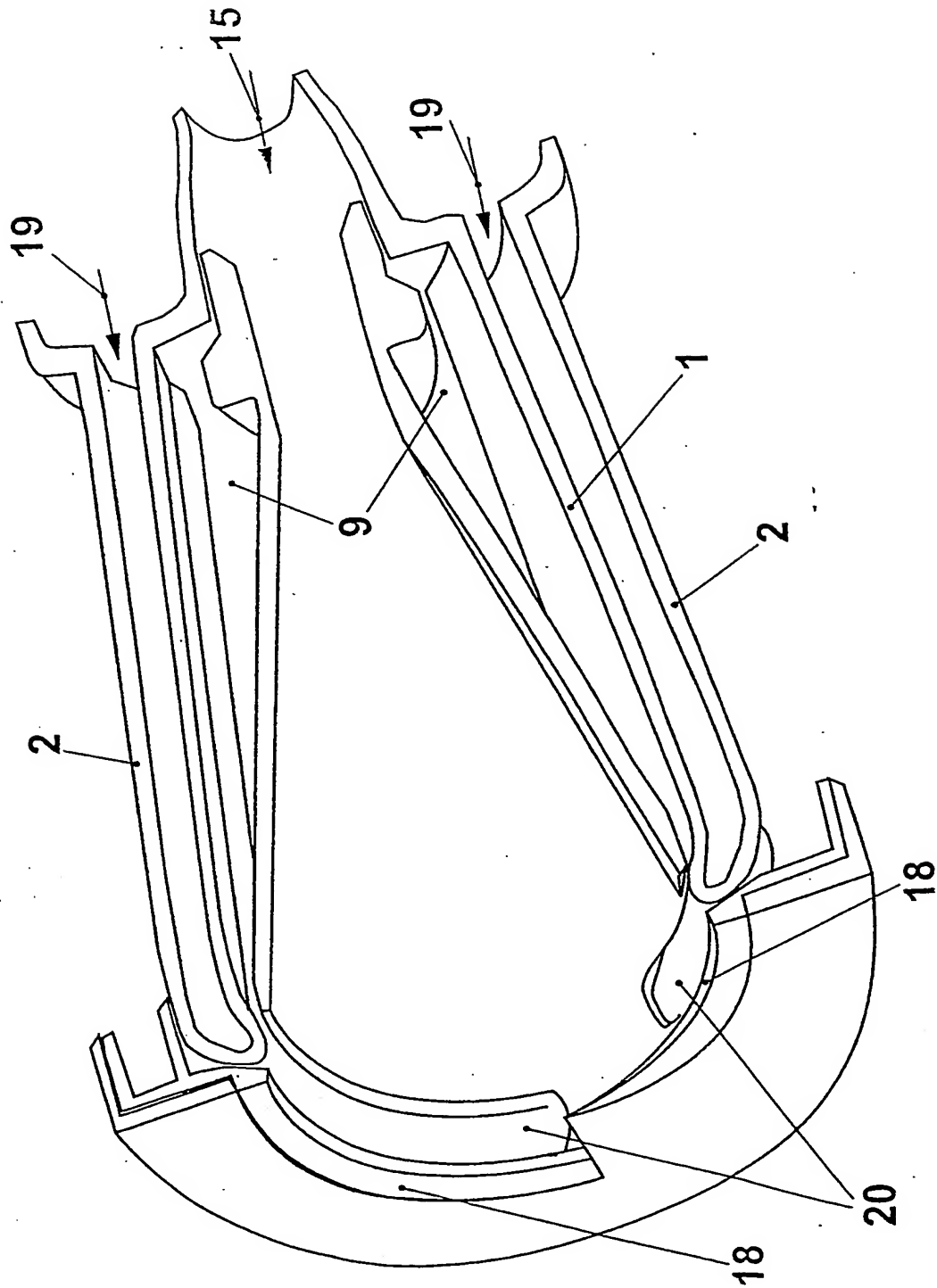


FIG. 2

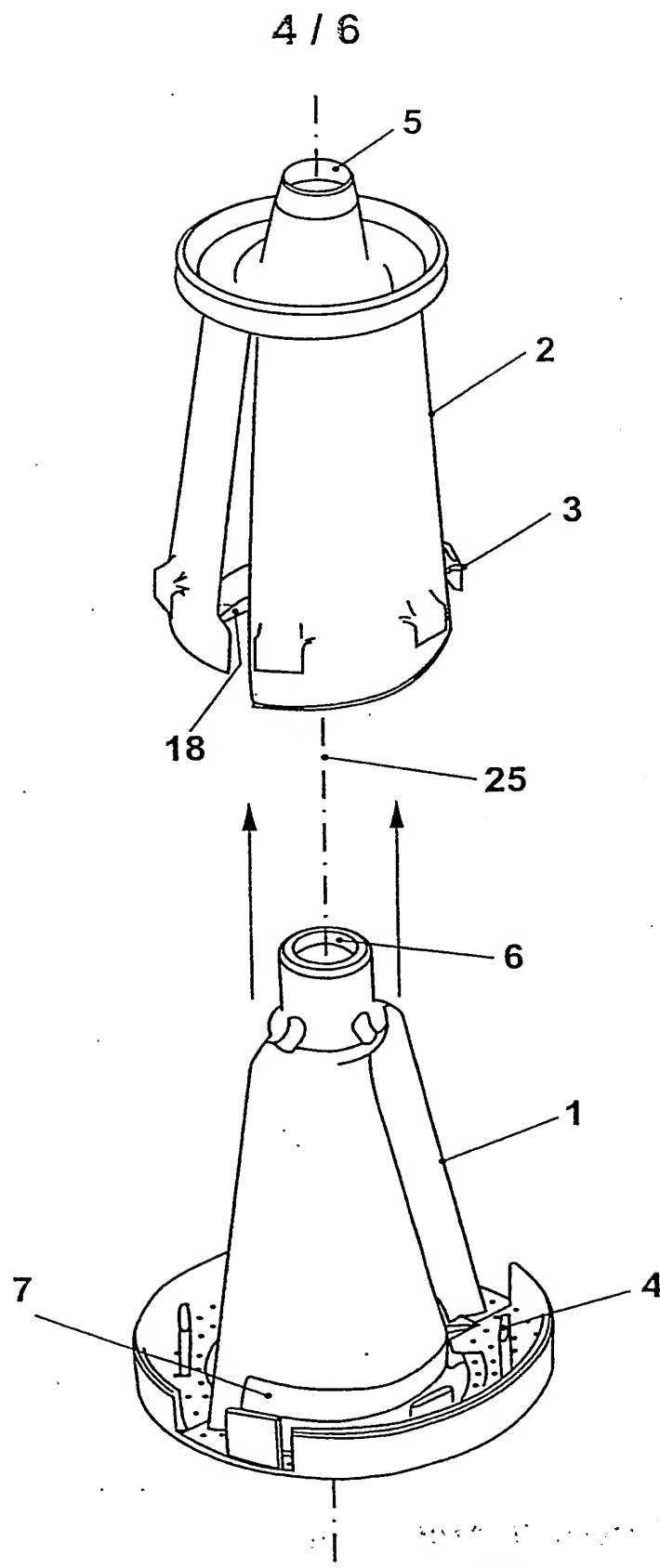
THIS PAGE BLANK (USPTO)

FIG. 3



THIS PAGE BLANK (USPTO)

FIG. 4



BEST AVAILABLE COPY

THIS PAGE BLANK (USPTO)

5 / 6

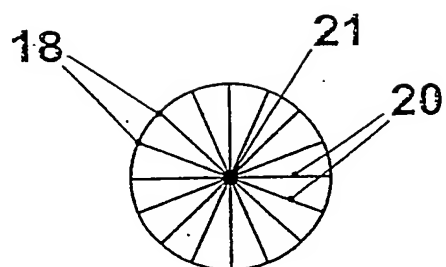


FIG. 5a

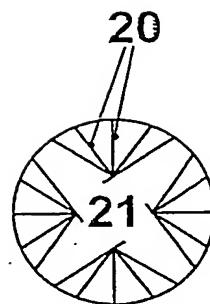


FIG. 5b

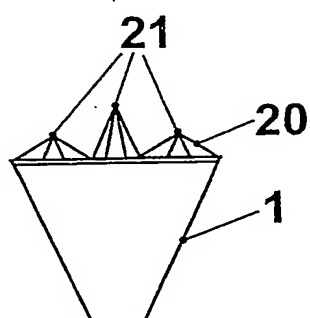


FIG. 5c

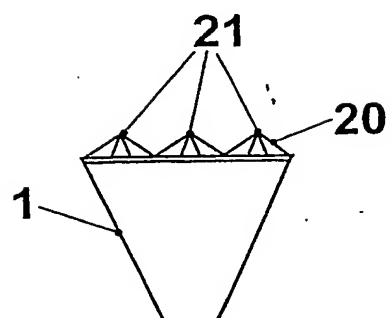


FIG. 5d

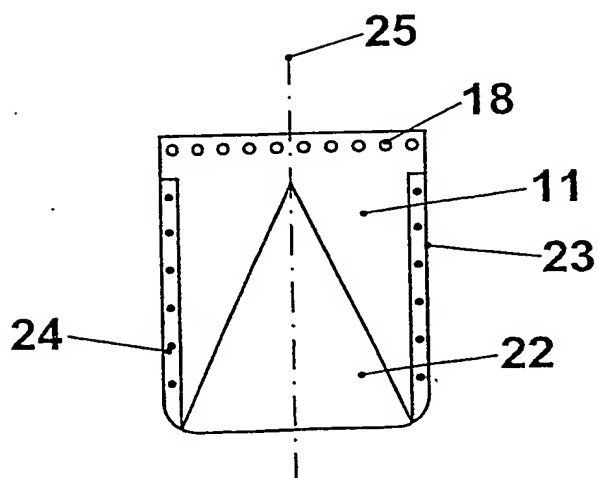
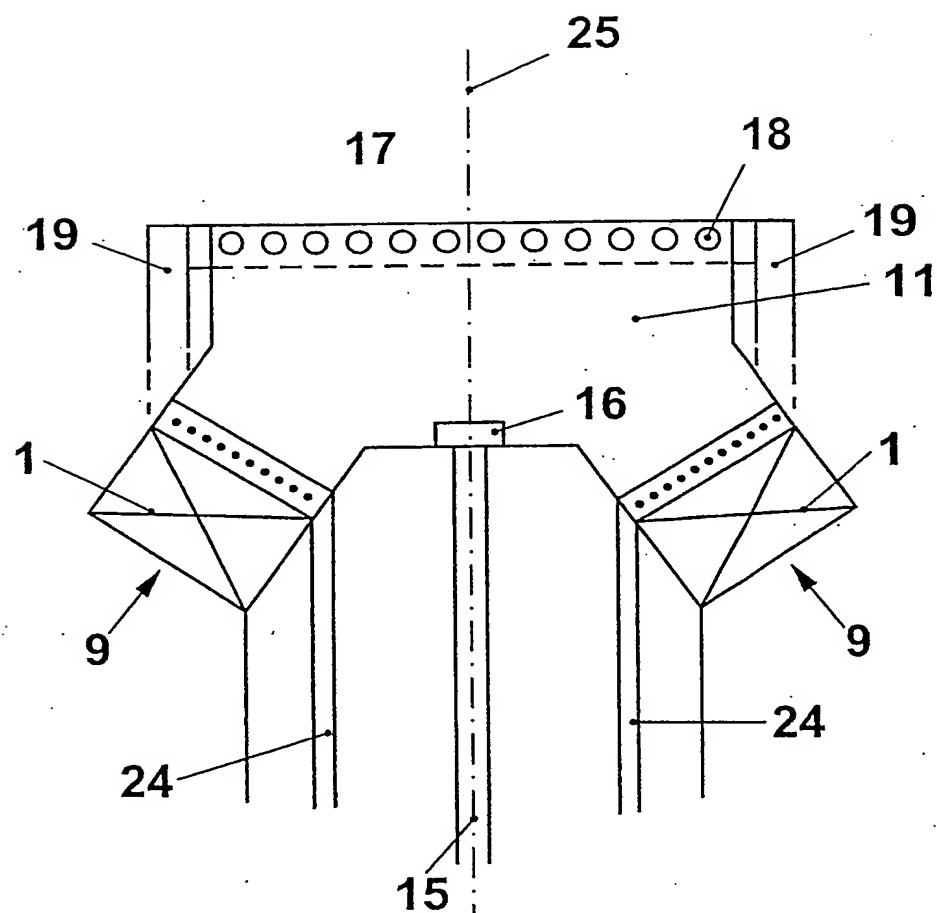


FIG. 6

THIS PAGE BLANK (USPTO)

6 / 6

**FIG. 7**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

PCF/IB 02/04061

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/IB 02/04061

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 375 995 A (KNOEPFEL HANS P ET AL) 27 December 1994 (1994-12-27) column 2, line 61 -column 4, line 7 figure 1	1-4,9, 10,13, 15-18
A	US 5 778 676 A (ANGEL PAUL R ET AL) 14 July 1998 (1998-07-14) column 4, line 55 -column 5, line 19 figures 2,3	1-4,8,9, 14,17,18
A	WO 00 12936 A (SIEMENS AG ;BERENBRINK PETER (DE)) 9 March 2000 (2000-03-09) page 6, line 22 -page 7, line 29 figure 1	1-3,9, 13,14, 17,18
A	US 2 515 843 A (TE NUYL JOHANNES AUGUSTINUS) 18 July 1950 (1950-07-18) column 4, line 7 - line 68 figure 1	1
A	DE 200 09 525 U (ERC EMISSIONS REDUZIERUNGS CON) 21 September 2000 (2000-09-21) page 3, line 11 -page 5, line 17 figure 1	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/IB 02/04061

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19855034	A	31-05-2000	DE 19855034 A1	31-05-2000
			GB 2345958 A	26-07-2000
EP 1070915	A	24-01-2001	EP 1070915 A1	24-01-2001
US 5375995	A	27-12-1994	DE 4304213 A1	18-08-1994
			DE 59402785 D1	26-06-1997
			EP 0610722 A1	17-08-1994
			JP 6241423 A	30-08-1994
US 5778676	A	14-07-1998	NONE	
WO 0012936	A	09-03-2000	DE 19839085 A1	02-03-2000
			WO 0012936 A1	09-03-2000
			EP 1110034 A1	27-06-2001
			JP 2002523721 T	30-07-2002
			US 2001024774 A1	27-09-2001
US 2515843	A	18-07-1950	NONE	
DE 20009525	U	21-09-2000	DE 20009525 U1	21-09-2000

THIS PAGE BLANK (USPTO)

10/11/2011 10:30:30

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/IB 02/04061

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 7 F23C7/00 F23D11/40 F23D17/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F23C F23D F23R

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 198 55 034 A (ABB PATENT GMBH) 31. Mai 2000 (2000-05-31)	1-6,9, 10,12, 13,15,16 17,18
A	Spalte 1, Zeile 31 - Zeile 42 Spalte 1, Zeile 64 - Spalte 2, Zeile 25 Abbildung 1	
Y	EP 1 070 915 A (ASEA BROWN BOVERI) 24. Januar 2001 (2001-01-24) in der Anmeldung erwähnt	1-6,9, 10,12, 13,15,16 17,18
A	Spalte 2, Zeile 33 - Spalte 3, Zeile 2 Spalte 4, Zeile 22 - Spalte 5, Zeile 7 Spalte 7, Zeile 1 - Zeile 56 Abbildungen 1,4,5	
	--- -/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

31. Oktober 2002

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

07/11/2002

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Coquau, S

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/IB 02/04061

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 375 995 A (KNOEPFEL HANS P ET AL) 27. Dezember 1994 (1994-12-27) Spalte 2, Zeile 61 - Spalte 4, Zeile 7 Abbildung 1	1-4, 9, 10, 13, 15-18
A	US 5 778 676 A (ANGEL PAUL R ET AL) 14. Juli 1998 (1998-07-14) Spalte 4, Zeile 55 - Spalte 5, Zeile 19 Abbildungen 2,3	1-4, 8, 9, 14, 17, 18
A	WO 00 12936 A (SIEMENS AG ; BERENBRINK PETER (DE)) 9. März 2000 (2000-03-09) Seite 6, Zeile 22 - Seite 7, Zeile 29 Abbildung 1	1-3, 9, 13, 14, 17, 18
A	US 2 515 843 A (TE NUYL JOHANNES AUGUSTINUS) 18. Juli 1950 (1950-07-18) Spalte 4, Zeile 7 - Zeile 68 Abbildung 1	1
A	DE 200 09 525 U (ERC EMISSIONS REDUZIERUNGS CON) 21. September 2000 (2000-09-21) Seite 3, Zeile 11 - Seite 5, Zeile 17 Abbildung 1	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/IB 02/04061

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19855034	A	31-05-2000	DE 19855034 A1	31-05-2000
			GB 2345958 A	26-07-2000
EP 1070915	A	24-01-2001	EP 1070915 A1	24-01-2001
US 5375995	A	27-12-1994	DE 4304213 A1	18-08-1994
			DE 59402785 D1	26-06-1997
			EP 0610722 A1	17-08-1994
			JP 6241423 A	30-08-1994
US 5778676	A	14-07-1998	KEINE	
WO 0012936	A	09-03-2000	DE 19839085 A1	02-03-2000
			WO 0012936 A1	09-03-2000
			EP 1110034 A1	27-06-2001
			JP 2002523721 T	30-07-2002
			US 2001024774 A1	27-09-2001
US 2515843	A	18-07-1950	KEINE	
DE 20009525	U	21-09-2000	DE 20009525 U1	21-09-2000

THIS PAGE BLANK (USPTO)